

La esfera en el Renacimiento

Título: La esfera en el Renacimiento. **Target:** 4º ESO. **Asignatura:** Matemáticas. **Autor:** Miguel Fernández Rodríguez, Licenciado en Ciencias Matemáticas, Profesor de Matemáticas en Educación Secundaria.

El renacimiento ofrece con respecto a las ciencias de la naturaleza un carácter más ambiguo que con respecto a otros sectores de la cultura, tales como el arte o la política. Durante los S. XV-XVI destacan, más que logros objetivos, una profunda revolución en la infraestructura epistemológica, un nuevo estilo de racionalidad que opera el tránsito desde el modelo escolástico de la Edad Media a la “nueva ciencia” del S. XVII.

Se produce un redescubrimiento de los clásicos al que contribuyen en gran manera la imprenta y los eruditos bizantinos afincados en occidente tras la caída de Constantinopla. La publicación de las obras de Arquímedes, Apolonio, Diofanto, etc., y la difusión del pensamiento de los estoicos, los epicúreos, etc., provocaron una relativización y pluralización de las posibles interpretaciones del mundo que legitimó el intento de fundar una cosmología racional.

Los clásicos son sometidos a examen y las nuevas ciencias nacen a medida que se refutan los antiguos dogmatismos, como Copérnico con la cosmología tolemaico-aristotélica. Se va dibujando de este modo un estilo matemático-experimental, el cual constituye a partir de entonces la característica propia de la reflexión científica.

Entre las ciencias del renacimiento destacan la astronomía, las matemáticas, la mecánica y la anatomía. El lugar central lo ocupa la revolución copernicana; por una parte refuta de manera efectiva la cosmología clásica, inicia el método matemático-experimental y armoniza la visión de la naturaleza antropocéntrica característica de la época. La obra *De Revolutionibus Orbium* posee aún carácter predominantemente teórico, pero se hará sentir al punto la necesidad de comprobarlo todo con los datos de la experiencia; a este respecto Tycho Brahe, Kepler y Galileo contemplaron la formulación teórica con los datos experimentales.

En cuanto a las matemáticas, la labor fundamental de la época es la asimilación de los teoremas y métodos de Euclides, Arquímedes y Apolonio. Por otra parte, los algebristas italianos superan el marco clásico y sientan las bases del álgebra moderna.

En el S. XVI se realiza la sustitución de la física cualitativa de cuño aristotélico por una ciencia formal y deductiva; como más tarde afirmará Galileo, la naturaleza habla un lenguaje matemático. Tartaglia, Piccolomini, Cardan y, sobre todo, Benedetti se enfrentan a los problemas de la dinámica, aunque la doctrina aristotélica del ímpetus les impide comprender el problema del movimiento.

CARTOGRAFÍA

La primera representación esférica conocida de la Tierra es un globo terráqueo de 54 centímetros de diámetro construido el año 1492 en Nuremberg por Martin Behain.

Los grandes viajes de Cristóbal Colón, Núñez de Balboa, Magallanes y Elcano requerían la elaboración de conocimientos cartográficos más potentes que los mapas portulanos. Es la época del impulso crucial de la cartografía. Los nuevos cartógrafos son esencialmente astrónomos y matemáticos, de nacionalidad alemana o flamenca. Aparecen nuevas proyecciones para representar la totalidad de la Tierra: proyecciones globulares para los dos hemisferios, proyecciones en husos para ser regladas sobre globos esféricos o proyecciones en abanico. En 1570, se introduce una nueva proyección de la esfera manejando dos círculos divididos por meridianos en forma de elipse que cortan al ecuador en arcos iguales. La carta náutica no alcanzó una importancia decisiva hasta que el ansia de descubrimientos geográficos del Renacimiento obligó a la navegación de altura prescindiendo de puntos de referencia costeros. La carta plana, con la retícula de meridianos y paralelos equidistantes cortándose en forma ortogonal, fue la salvación del problema de la navegación. El holandés Mercator o Kremer perfeccionó definitivamente este tipo de carta mediante la proyección cilíndrica isógona, que utilizó en su mapamundi en 1569. Incorpora la ventaja de los mapas portulanos de navegar con rumbo constante y se apoya en la simplicidad de la proyección de Eratóstenes y Marino de Tiro. En este modo de representación los paralelos y meridianos son perpendiculares y la separación entre paralelos aumenta al crecer la latitud. La gran aportación de Mercator consiste en que, en el mapa, las rutas seguidas con el mismo rumbo son líneas rectas que se cortan con los meridianos en un ángulo constante. Por ello, el rumbo en la ruta se mantiene, salvo correcciones necesarias por desviaciones. A partir de este momento decisivo, los conocimientos cartográficos van progresando de forma paulatina gracias a la mejora de los instrumentos de medición de longitudes y latitudes y a las expediciones geográficas destinadas a cartografiar las regiones desconocidas del globo.

ASTRONOMÍA

A principios del S. XV empieza a renacer, en el centro de Europa, el interés por las observaciones astronómicas. En aquella época la actividad se centró especialmente en estudios encaminados al perfeccionamiento del calendario. Otro motivo muy importante que explica en parte este resurgir fue la necesidad del conocimiento de métodos seguros para la determinación de la posición en el mar, necesidad que se vio acrecentada con el descubrimiento de América. El sistema planetario de Tolomeo fue la base teórica de todos los trabajos y muy pronto empezaron a manifestarse las anomalías: las posiciones de los planetas que se precedían discrepaban considerablemente de las observadas (particularmente en el caso de la Luna). Estos hechos despertaron grandes críticas, pero en ninguna de ellas se pensó que la causa de tales discrepancias proviniese de la teoría de Tolomeo, sino que se creía que la solución de los problemas planteados podía ser encontrada en el perfeccionamiento de los métodos de observación. Con esta idea, Peurbach emprendió la traducción del *Almagesto*, realizando las oportunas correcciones de los errores que plagaban las versiones de la época. No finalizó su obra, y encomendó su continuación a Johannes Müller de Königsberg, conocido también con el nombre de Regiomontanus, el cual, aunque tampoco la llevó a buen fin, publicó un compendio en que pretendía demostrar las hipótesis de Tolomeo.

La solución al problema, contrariamente a lo que se pensaba, llegó por la vía teórica, como resultado de un cauteloso replanteamiento de las ideas y principios básicos que fundamentaban la concepción del sistema planetario. El mérito se debe a Copérnico; su obra "Seis libros sobre las revoluciones de los mundos celestes" publicada por primera vez en 1543, ocupa uno de los lugares más importantes dentro de la historia de la ciencia. En ella está expuesta la teoría heliocéntrica, con la que se podían explicar los resultados precedentes de las observaciones de modo más sencillo que con el sistema de Tolomeo.

Las principales ideas de Copérnico son: la Tierra gira alrededor de ella misma en un periodo de tiempo de 24 horas; este movimiento es natural, en el sentido aristotélico de la palabra, y por ello no aparecen fuerzas centrífugas suficientemente poderosas como para poner en peligro el equilibrio del planeta. Las estrellas están

fijas en una esfera que limita el universo y en el centro de la cual está situado el Sol; los planetas giran alrededor del Sol a lo largo de sendas órbitas excéntricas.

Copérnico, consciente del cambio que suponían sus ideas y de las dificultades que encontraría al ser publicadas, investigó los textos griegos a fin de encontrar teorías similares a las suyas; en su obra cita a tal respecto los sistemas de Filolao y de Aristarco. Esta teoría tuvo importantes repercusiones, tanto científicas como filosóficas; la Tierra, privada del privilegio que tenía en el sistema de Tolomeo, pasaba a ocupar un lugar secundario; la Iglesia católica condenó la teoría heliocéntrica y la misma oposición encontró en el seno del protestantismo. Entre los astrónomos tuvo pocos adeptos, y sólo algunos, como Mästlin, maestro de Kepler, la aceptaron plenamente.

Otro partidario de las teorías de Copérnico fue Giordano Bruno que afirmó además que las estrellas estaban situadas a grandes distancias de la Tierra y que el universo era infinito. Intentó asimismo explicar el movimiento de la Tierra en términos mecánicos, sin necesidad de la hipótesis aristotélica del movimiento natural; también defendió algunas teorías cosmológicas de claro origen panteístas.

Tycho Brahe, no siguió la vía abierta por Copérnico, aunque tampoco aceptara el clásico sistema tolimiano, sus esfuerzos estuvieron dedicados a justificar la idea de un nuevo sistema planetario de compromiso en el que la Tierra estaba inmóvil, mientras que los otros planetas gravitaban alrededor del Sol. Brahe, no muy convencido de su sistema, expresó que sólo mediante las observaciones de gran precisión podía ser aclarado el problema. Con ayuda de los mejores instrumentos de la época, algunos fabricados por él mismo, descubrió que la refracción atmosférica falsea las observaciones estelares y comprendió la tarea de la corrección de las tablas existentes en su tiempo; también realizó magníficos estudios sobre la Luna y su precisión, y afirmó que los cometas eran cuerpos celestes que atravesaban las regiones planetarias (con lo que ponía fin a la verosimilitud de las esferas sólidas aristotélicas). Tycho Brahe puede considerarse el mejor observador de la época que procede a la introducción de los instrumentos ópticos.

Kepler colaboró con Brahe y lo sucedió en el cargo de astrónomo en la corte de Praga. Fue un mal observador, debido a su vista defectuosa, pero compensó esto con su trabajo teórico. Estudió el problema de los sistemas planetarios, comprobando la adecuación de la concepción heliocentrista; estableció además que los distintos planos de las órbitas planetarias pasaban todas por el Sol, contrariamente a las afirmaciones de Copérnico, que suponía que pasaban por el centro de la Tierra.

Estos resultados quedaron expuestos en su primera obra, *Mysterium Cosmographicum*, publicada en 1596; y que tuvo muy poca resonancia. Estudió el movimiento del planeta Marte, suponiendo primero que recorría una órbita circular, y más tarde ovalada, no llegando a obtener resultados satisfactorios en ninguno de los dos casos. Finalmente, descubrió que el planeta se mueve según una elipse en uno de cuyos focos está situado el Sol, lo que le permitió llegar inmediatamente a conclusiones en buen acuerdo con el movimiento observado en Marte. Este descubrimiento lo expuso en su obra *Astronomia Nova*, en forma de la primera y segunda ley que llevan su nombre. Todo ello venía a corroborar la idea de que la teoría heliocéntrica era mucho más sencilla que la de los epiciclos. Las tablas que Kepler publicó después y en las que calculaba las efemérides de los planetas de acuerdo con sus leyes, tuvieron el valor de confirmación práctica para sus teorías. La tercera ley de Kepler, que relacionaba el periodo de revolución con el radio de las órbitas, fue publicada en *Harmonicas Mundi*. Sin embargo, en el terreno de las concepciones generales, Kepler aún consideraba que las estrellas estaban fijas y colocadas en una capa relativamente delgada que era el límite del universo. Las discrepancias entre las distintas teorías planetarias empezaron a dejar de tener razón de ser con el invento del telescopio; este instrumento alcanzó rápidamente una gran importancia y merced a él tuvieron lugar una serie de descubrimientos.

Galileo, empleando un telescopio fabricado por él mismo, descubrió los cuatro satélites más brillantes de Júpiter, las fases del planeta Venus, los anillos de Saturno, las montañas de la Luna, y, por tanto su naturaleza análoga a la terrestre, y la constitución estelar de la Vía Láctea. Estos descubrimientos eran una prueba más a favor del sistema heliocéntrico, aun rechazado por la mayoría; simultáneamente constituían una demostración de la falsedad de las teorías aristotélicas que predicaban la incorruptibilidad de los cuerpos celestes y su naturaleza distinta a la terrestre. Señalamos, también que, por el mismo tiempo, el astrónomo Fabricius descubrió la primera estrella variable de la cual se tiene constancia histórica; además J. Bayer publicó el primer mapa estelar.



Bibliografía

Líter C., Sanchis F., Herrero A. "Historia de la ciencia y de la técnica". Ediciones Akal, S.A., Madrid, 1992.

Maza Gómez, C. (2000). "Las matemáticas de la antigüedad y su contexto histórico". Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Manuales Universitarios. Sevilla.

Casalderrey Martín F. "Las matemáticas en el renacimiento italiano". NIVOLA libros y ediciones, S.L. Madrid 2000.

Puig Adam P. "Geometría métrica". Nuevas Gráficas, S.A. Madrid 1965.